



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№3(53)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2022



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LIII международной
научно-практической конференции*

№ 3 (53)
Май 2022 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2022

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам LIII междунар. науч.-практ. конф. – № 3(53). – М.: Изд. «МЦНО», 2022. – 56 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2022

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	5
1.1. Информатика, вычислительная техника и управление	5
МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК Садыков Толеби Қанатұлы	5
1.2. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	15
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫМИ СЕПАРАТОРАМИ Муравьева Жанна Аркадьевна	15
1.3. Электротехника	19
ПРИВЕДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ИСКАЖЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ Починяев Сергей Викторович	19
1.4. Энергетика	24
АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ РЕССОРНОЙ ПОЛОСЫ С ТРАНСПОРТЕРНЫХ РОЛЬГАНГОВ В ПРЕДЧИСТОВУЮ КЛЕТЬ АО "ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД" Бабич Алексей Владимирович Листопадова Мария Владимировна	24
АВАРИЙНЫЕ ОТКАЗЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ Сабыржанова Айгерим Омирзахкызы Жексембиева Назым Сагиновна Ербаев Ербол Тулегенович	27

Физико-математические науки	35
Раздел 2. Математика	35
2.1. Вещественный, комплексный и функциональный анализ	35
ФОРМА ОПРОСА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ UX-ЭКСПЕРИМЕНТА Олжабек Адильбек	35
2.2. Дискретная математика и математическая кибернетика	41
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТАРЬЯНА-ВИШКИНА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ДВУСВЯЗНЫХ КОМПОНЕНТ ГРАФА Гордеев Иван Иванович Надцына Айгуль Калиевна	41
СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОПИСАНИЙ И РЕАЛИЗАЦИЙ АЛГОРИТМА ЛИСА ДЛЯ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ ЗАДАЧ Гордеев Иван Иванович Письменская Арина Алексеевна	49

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Садыков Тoleби Қанатұлы

магистрант,

НАО Казахский агротехнический университет

имени Сакена Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан

Аннотация. Одним из способов обоснования управленческих решений в тех случаях, когда количественная оценка оцениваемого варианта затруднено, является применение методов экспертных оценок. Данные методы, в первую очередь, основаны на профессиональных знаниях и опыте экспертов. Для эффективного применения методов экспертных оценок, в данной статье, предпринята попытка определения методики их применения, выявлены основные этапы. Также обоснована необходимость работы по формированию экспертной комиссии и определению достоверности полученных результатов с целью повышения объективности их интерпретации.

Ключевые слова: методы экспертных оценок; принятие решений; управления.

Актуальность исследования. На этапах жизненного цикла сложных наукоемких продуктов (например, аэрокосмической техники), включая разработку, производство и эксплуатацию, часто необходимо принимать решения в условиях недостаточной информации, с неизвестными алгоритмами решения проблемы, а также в условиях риска. Многообразие целей и задач, их сложность, стоящих перед технологическим менеджментом производственной организации, а также недостаточная подотчетность лиц, принимающих решения, требует от руководства организации в целом и отделов в частности постоянного принятия различных управленческих решений в таких областях, как дизайн и технологическое развитие продукции, внедрение новых технологических процессов в производство, привлечение сторонних организаций, технологии, коммерческое внедрение собственных технологий, модернизация технологического оборудования, исследование причин дефектов продукции или нестабильности логических систем, выбор направления технологических инвестиций, выбор направлений технологического развития компании и др.

Технологические решения служат основой для разработки конструкторских и технологических мероприятий, а также соответствующей документации отправленной на исполнение и внедрение в производство [1].

Использование экспертных методов следует рассматривать как один из возможных подходов к комплексному изучению сложных проблем, окончательное решение которых неясно. Экспертный метод оценки используется в тех случаях, когда сложно применить методы объективного определения значений единичных или комплексных показателей качества такими методами, как инструментальные, эмпирические или расчетные.

Методы экспертной оценки могут использоваться как при формировании стратегических направлений технологического развития компании или подразделения, так и при решении многих частных вопросов, связанных с определением показателей эффективности, рациональности, коммерческой привлекательности интеллектуального технологического продукта.

Экспертная оценка - совокупность научно обоснованных методов интуитивно-логического анализа, позволяющих по заданным исходным данным формировать общую совокупность технически возможных вариантов решений, производить их сравнительный анализ и отбор, включая выделение оптимального по выбранным критериям варианта.

Характеристика методов экспертных оценок в зависимости от возможности каузального анализа, способа агрегирования мнений, степени структуризации группового процесса, направленности на активизацию творчества и возможности прогнозирования в нестабильной окружающей среде приведена в табл. 1. К методам, отвечающим современным задачам

прогнозирования можно отнести построение сценариев, а также комбинированный метод, сочетающий преимущества метода управляемой генерации идей и сценарного прогнозирования [2].

Таблица 1.

Характеристика методов экспертных оценок

Метод	Возможности казуального анализа	Способ агрегирования мнений	Степень структуризации группового процесса	Направленность на активизацию творчества	Возможность прогнозирования в нестабильной окружающей среде
Метод комиссий	Нет	Любой	Неструктурированный	Нет	Есть
Метод коллективной генерации идей	Нет	Любой	Неструктурированный	Нет	Есть
Построение сценариев	Нет	Любой	Неструктурированный	Нет	Есть
Метод структурных аналогий	Нет	Любой	Структурированный	Нет	Есть
«Дельфи»	Нет	Медина оценок	Структурированный	Нет	Есть
Метод управляемой генерации идей	Нет	Любой	Структурированный	Нет	Есть

Составлено авторами

В процессе развития производства и управления возникает потребность в качественных управленческих решениях. Для повышения их обоснованности с учетом факторов, влияющих на результаты, необходим комплексный разносторонний анализ, включающий в себя как количественную, качественную оценку, так и учет суждений специалистов по рассматриваемому вопросу.

Отметим, что экспертное оценивание вносит степень субъективности в полученные результаты, однако на сегодняшний день это безальтернативный метод. Очевидным является тот факт, что от точности и обоснованности выбора частных показателей, установления эталонных значений и интерпретации полученных результатов зависят достоверность полученных выводов и возможность их использования на практике.

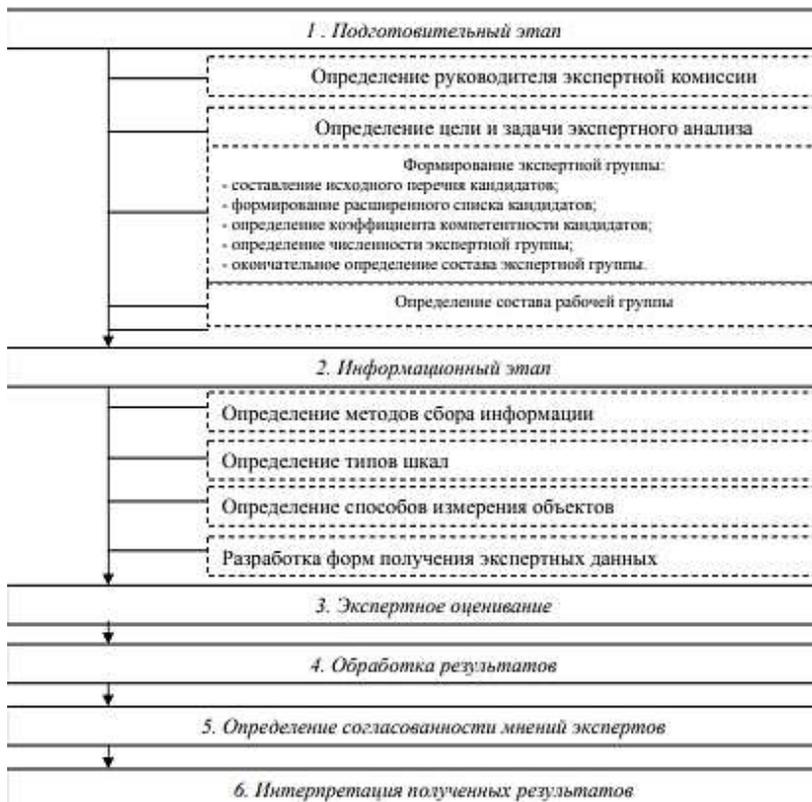


Рисунок 1. Алгоритм экспертной оценки

Руководитель экспертной комиссии формирует первоначальный список кандидатов в экспертную группу.

$$K_{i=\overline{1,4}}^{\sum_{j=1}^4 K_{ij}} \quad (1)$$

где K_{i1} – коэффициент информированности i -го кандидата; K_{i2} – коэффициент индивидуальных качеств i -го кандидата; K_{i3} – коэффициент стабильности работы i -го кандидата; K_{i4} – коэффициент согласованности мнения i -го кандидата с мнением предварительно сформированной экспертной группы. Для расчета первых трех коэффициентов кандидаты используют балльные оценки, значение которых варьируется по шкале от 0,1 до 1, где 1 – это максимальный балл. Коэффициент информированности определяется по данным, представленным в таблице 1 [7].

Данный показатель отражает, какие источники информации и в какой степени влияют на мнение i -го кандидата при принятии им решений.

Коэффициент, отражающий характеристики индивидуальных качеств кандидата, также необходимо учитывать при определении компетентности. В ряде работ (А.И. Афоничкин, О.С. Кошелев, Л.И. Лукичева и др.) показано, что на эффективность экспертного оценивания непосредственно влияют личные характеристики экспертов, наиболее значимыми среди которых выступают умение работать в команде, объективное оценивание ситуации и т.д.

Таблица 1.

Исходные данные для оценки коэффициента информированности

Источники аргументации	Оценка в баллах
Исследования казахстанских ученых	
Исследования зарубежных ученых	
Практический опыт	
Интуиция	
Опыт решения приближенной по содержанию проблемы	
Итого	n

В результате их исследования, для оценки были выделены 5 обязательных индивидуальных качеств экспертов подчеркнем, что они рассчитываются по формуле средней арифметической:

$$K_{i1,2} = \frac{\sum_{j=1}^5 O_{ij}}{5} \quad (2)$$

Таблица 2.

Исходные данные для оценки коэффициента индивидуальных качеств кандидата

Индивидуальные качества кандидата	Оценка в баллах
Способность формировать и поддерживать благоприятный социально-психологический климат в коллективе	
Способность работать в Команде	
Способность оперативно принимать решения	
Организованность и пунктуальность	
Объективность при принятии решений	
Итого	n

Коэффициент стабильности работы предлагаем принимать в зависимости от стажа работы кандидата (см. табл. 3).

Таблица 3.

Данные для определена стабильности работы кандидата

Стаж работы	Оценка в баллах
Более 15 лет	1,0
10-15 лет	0,8
5-10 лет	0,6
1-5 лет	0,4
1 год	0,2
Итого	n

Следует отметить, что стаж работы учитывается в отношении организации, где работает кандидат на данный момент времени. Кандидат просто выделяет необходимое поле, которому соответствует обозначенные баллы[5]:

$$K_{i4} = 1 - \left| \frac{r_j - r_{cp}}{r_{cp}} \right| \quad (3)$$

Градация значений коэффициента компетенции определяет его уровни: 0,9–1,0 свидетельствует о максимальном уровне компетентности, 0,8–0,9 – высоким, 0,7–0,8 – уровень компетенции выше среднего, 0,6–0,7 – средний, 0,5–0,6 – ниже среднего и менее 0,5 – низкий. Очевидно, что кандидаты с низким, ниже среднего, а также средним уровнем компетентности исключаются из списка претендентов. За сбор информации, обработку собранных данных отвечает рабочая группа, предоставляющая результаты руководителю экспертной комиссии.

Однако объединяет исследователей одна общая позиция: слишком малое количество экспертов в группе приводит к недостоверным результатам, а слишком большое – к проблемам организационного характера. Согласно принципу Гештальта, численность экспертной группы не должна превышать 10 человек. Мы в полной степени согласны с данным принципом. Если количество экспертов будет превышать 10 человек, то станет сложным согласовывать их мнения, возникнут сложности организационного характера. Очевидно, что не все кандидаты после определения уровня компетентности будут включены в окончательный список. Представляется достаточно проблематичным определить точную численность экспертов. Однако следуя законам логики, можно определить минимальное и максимальное количество. Минимальное количество вполне может быть определено численностью экспертов,

имеющих максимальное значение коэффициента компетентности. Максимальную же границу предлагаем определять на основе выражения [8]:

$$m \leq \frac{3}{2 * Q_{max}} * \sum_{i=1}^m Q_i \quad (4)$$

где m^* – общее количество кандидатов; Q_{max} – значение максимального коэффициента компетентности; Q_i – компетентность i -го эксперта.

После определения количества экспертов руководитель комиссии формирует окончательный список экспертной группы. Второй этап по формированию экспертной комиссии является не менее значимым. Он включает в себя работу по определению методов сбора информации, типов оценочных шкал и способов измерения объектов.

Общепринятыми способами сбора мнений экспертов является «мозговой штурм», деловые игры, дискуссии, метод «Дельфи», метод комиссий и др.

Наименее затратными и простыми в организации, на наш взгляд, являются анкетирование и опрос. Система правил измерения объектов (явлений) позволяет преобразовать полученную от экспертов информацию в удобную для дальнейшего анализа форму. Традиционно тот или иной тип шкалы определяется системой предпочтений экспертов. Так, наиболее простой является номинальная шкала. Она основана на сравнении объектов (явлений) с эталоном и упорядочении их по двуноминальной шкале, при этом присваиваемый балл равен 0 или 1. Шкала отношений используется при наличии абсолютного свойства объекта, когда известна нулевая точка, например, размер прибыли при выпуске нового продукта.

Следующий шаг заключается в определении способа измерения объектов. При работе с порядковой и интервальной шкалой, как правило, используются ранжирование, парное сравнение и непосредственная оценка. Поскольку экспертное оценивание не предполагает анализа большого числа объектов, а различие между оцениваемыми объектами является довольно значительным, то нерационально использовать способ парного сравнения при исследовании ресурсного потенциала организации. Соответственно, оптимальными методами является ранжирование и непосредственная оценка. Сущность ранжирования сводится к выбору наиболее существенного объекта из исследуемой совокупности и расположения объектов в порядке убывания (возрастания). Ранги могут принимать значение от 1 до n , при этом значение самого важного ранга равно 1. Необходимо подчеркнуть, что, по мнению экспертов, если несколько оцениваемых объектов имеют одинаковую важность, ранги присваиваются таким образом, чтобы сумма оставалась неизменной.

Например, если объекты 2 и 3 считаются одинаковыми по значимости, то им необходимо присвоить ранг 1,5 и т.п. Непосредственная оценка не просто упорядочивает, но и определяет, насколько один объект более важен, чем другой, посредством интервалов, которым соответствуют баллы, например, от 0 до 5, от 1 до 10 и т.д. Ранжированию соответствует порядковая шкала, а способу непосредственных оценок – интервальная.

Этап экспертного оценивания заключается в непосредственном сборе мнений экспертов и их отборе с применением выбранных методик. С целью определения достоверности результатов полученных оценок необходимо определить согласованность мнений экспертов. Другими словами, полученные мнения экспертов имеют дальнейшее практическое применение только в том случае, если они являются согласованными. Так, для определения согласованности мнений экспертов используются статистические характеристики – меры разброса. Наиболее распространенным параметром является коэффициент вариации. Его мы используем при обработке результатов, полученных в ходе анкетирования при оценке организационного и предпринимательского потенциалов. Традиционно данный коэффициент рассчитывается по формуле [8]:

$$V = \frac{CKO}{x} * 100\% \quad (5)$$

где СКО – среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле:

$$CKO = \frac{\sum_{j=1}^m m(x_j - x)^2}{m} \quad (6)$$

где m – количество экспертов; x_j – оценка j-го эксперта; x – средняя оценка группы экспертов. Преобразуя данную формулу для балльных оценок, получим следующее выражение:

$$V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_j m(B_{ij} - B_j)^2}{K_j}}}{B_{гр}} \quad (7)$$

B_j – средний балл i-го эксперта в отношении j-го объекта, рассчитываемый по формуле:

$$B_j = \frac{\sum B_{ij}}{k_j} \quad (8)$$

где B_{ij} – баллы i-го эксперта в отношении j-го объекта; k_j – число экспертов, оценивающих j-ый объект; $B_{гр}$ – средний балл по группе.

Полученное значение коэффициента вариации характеризует долю среднего значения этой величины, составляющей ее средний разброс [2]. Оно не имеет четких границ, однако очевидным является то, что большое значение данного коэффициента характеризует сильное изменение признака. Эмпирическим путем установлено, что до 10% – слабое изменение; от 10 до 25% – умеренное изменение и свыше 25% – высокое изменение. В теории статистики данное значение несколько выше и принято считать, что если оно превышает 35%, это свидетельствует о неоднородности оценок экспертов[9]. В случае использования метода ранжирования, необходимо рассчитать коэффициент конкордации. В случае если все ранги различны, то используется следующая формула [10]:

$$W = \frac{12s}{k^2(n^3 - n)}$$

$$\text{где } s = \sum i(\sum j R_{ij})^2 - \frac{(\sum i \sum j R_{ij})^2}{n} \quad (9)$$

где R_{ij} – ранг i -го объекта, оцениваемого j -ым экспертом; n – количество объектов; k – количество экспертов. Если хотя бы один эксперт выставил одинаковые ранги, то формула примет вид:

$$W = \frac{12s}{k^2(n^3 - n) - k \sum i T_j} \quad (10)$$

где T_j - присутствие в анкете j -го эксперта одинаковых рангов; рассчитывается по формуле:

$$T_j = \frac{\sum_{r=1}^{12} m_j(t_{rj}^3 - t_{rj})}{12} \quad (11)$$

где m_j – количество групп одинаковых рангов в анкете j -го эксперта; t_{rj} - количество рангов в r -й группе одинаковых рангов в анкете j -го эксперта. Значение коэффициента может принимать значение от 0 до 1. Чем ближе значение к единице, тем более согласованными являются мнения экспертов. О высокой согласованности свидетельствует значение более 0,8.

Выводы. Таким образом, представленный подход к проведению экспертных оценок позволяет формализовать процессы сбора, анализа, обработки мнений экспертов с преобразованием полученной информации в наиболее приемлемую и удобную форму. С целью получения наиболее объективной информации необходимо уделить большое внимание

составу комиссии, поскольку от наличия специализированных мнений экспертов в определенной области будет зависеть и объективность получаемой информации. Не стоит, однако, забывать, о том, что данный метод не может заменить количественный анализ, он лишь дополняет картину и в то же время является безальтернативным вариантом в случае невозможности

Список литературы:

1. Алексеев А.А. (2010). Формирование стратегического подхода к управлению на современном промышленно предприятии с использованием метод экспертного оценивания и многомерного статистического анализа. Системы и средства связи, телевидения и радиовещания, 1-2, 105-107.
2. Дюйзен Е.Ю. (2015). Комплексный анализ ситуаций при принятии руководителем качественных управленческих решений. Лидерство и менеджмент, 2(1), 19-34. doi: 10.18334/lim.2.1.547
3. Беседин Н.А., Нагаева Г.А. (2008). Использование метода экспертного оценивания ситуации при подготовке специалистов по финансам. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, 1, 115-117.
4. Бухарин С.В., Мельников А.В. (2011). Экспертная оценка финансовых показателей ликвидности и платежеспособности. Конкурентоспособность. Инновации. Финансы, 1, 74-79.
5. Готовцева Л.А., Конторусова С.С. (2014). Роль экспертных методов при разработке управленческих решений. Образование в XXI веке: путь к новым кризисам? Материалы II международной научно-практической конференции (С. 72-76).
6. Саратов: ООО «Центр профессионального менеджмента Академия Бизнеса». Гусев В.Б. (2013). Рефлексивный метод экспертного оценивания проблемных сторон государственно частного партнерства. Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды XXI Международной конференции (С. 65-69). Москва: Российский государственный гуманитарный университет. Ермаков С.В. (2013).
7. Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2, 122-128.
8. Жилияков Е.Г., Путивцева Н.П., Щербинина Н.В. (2007). Вариационный метод решения обратной задачи экспертного оценивания при парных сравнениях. Вопросы радиоэлектроники, 2(4), 142-155.
9. Журавлева В.А. (2012). Метод экспертного оценивания: историческая экспликация и современная модель. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология, 2, 28-38.

1.2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫМИ СЕПАРАТОРАМИ

Муравьева Жанна Аркадьевна

магистрант

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
РФ, г. Уфа*

APPLICATION OF MODERN AUTOMATION TOOLS FOR MODERNIZATION OF OIL AND GAS SEPARATOR CONTROL SYSTEMS

Zhanna Muravieva

Undergraduate

*Ufa State Oil Technical University,
Russia, Ufa*

Аннотация. Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применения автономных технических средств, экономически-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, значительно уменьшающей степень этого участия или трудозатраты несомых операций. Повышение эффективности работы оборудования нефтегазовых объектов является одной из приоритетной задачей в нефтепереработке. В работе рассматриваются средства автоматизации, позволяющие выполнить модернизацию системы управления сепараторами. Выполнен анализ средств, выполняющие работу системы управления на основе работы виртуального анализатора, предиктора, а также на основе работы нейронной сети.

Abstract. Automation is one of the areas of scientific and technical progress, the use of autonomous technical means, economically mathematical methods and control systems that free a person from participation in the processes of obtaining, transforming, transferring and using energy, materials or information that significantly reduces the degree of this participation or the labor costs of the operations carried out. Improving the efficiency of the equipment of oil and gas facilities is one of the priority tasks in oil refining. The paper considers automation tools that allow upgrading the separator control system. The analysis of the means that perform the work of the control system based on the work of the virtual analyzer, predictor, and also on the basis of the work of the neural network is carried out.

Ключевые слова: сепаратор; система управления; виртуальный анализатор; предикторы; нейронная сеть.

Keywords: separator; control system; virtual analyzer; predictors; neural network.

В настоящее время практика модернизации систем управления современных предприятий подразумевает применение интеллектуальных средств автоматизации, позволяющие отобразить состояние сырья, полу-продукта, продукта, а также установок и оборудования в целом. На этапе обработки сырья для дальнейшего производства продукта значимо контроль состояния продукта на этапе его подготовки. Одним из распространенных видов аппаратуры является нефтегазовый сепаратор.

Сепараторы являются обязательным элементом любой технологической схемы промысловой подготовки нефти и газа на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях, а также применяются в процессах переработки нефти, газа и газового конденсата

Нефтегазовый сепаратор (НГС) – это ключевой тип оборудования, применяемый в нефтяной и газовой промышленности для отделения жидкости от газа, поэтому его также называют двухфазным сепаратором. Нефтегазосепараторы применяются для дегазации нефтяной эмульсии от попутного нефтяного газа. С помощью НГС газ очищается от жидкостных включений на установках нефтедобычи перед сжиганием на факеле.

Нефтегазосепараторы способны работать как в условиях умеренного климата, так и при крайне суровых условиях, когда температура окружающего воздуха опускается до -60°C .

Широкое распространение нефтегазосепараторы НГС заслужили простотой конструкции и обслуживания при высоких показателях эффективности.

Ввиду отсутствия модернизации системы управления нефтегазового сепаратора во многих отечественных предприятиях актуален вопрос улучшения производительности объекта за счет применения современных средств автоматизации. Несмотря на особенность нефтегазового производственного процесса, рассмотрение и тестирование данных средств не предполагает использование больших вложений и финансовых расходов.

В данной статье рассмотрены следующие средства автоматизации системы управления: на основе работы виртуального анализатора, предикторов, нейронной сети. На основе работ [1–3] установлено, что функционал данных средств предполагает применение статистических данных как при предыдущих, так и при итерациях, полученные в режиме реального времени. Учитывая статистику, можно не только выполнять контроль и управление системы управления, но и выполнять расчёт значений технологических параметров, которые могут ожидать в дальнейшей работе оборудования.

Применение виртуальных анализаторов выполняется путем построения имитационной модели в программной среде и использования входных и выходных сигналов. Расчёт необходимых показателей (например, значение плотности нефтесодержащей смеси) выполняется путем применения корреляционного анализа для оценки статистических данных, метод наименьших квадратов для расчёта коэффициентов моделей, передаточные функции для отображения каналов связей моделей. Предполагается, что применение виртуальных анализаторов будет способствовать оперативным действиям в штатных и внештатных ситуациях операторов.

Применение предикторов предполагает улучшение качества управления сепаратора путем корректировки входных сигналов, которые влияют на выходной. Предикторы позволяют выполнять данную функцию на постоянной основе. Кроме того, на сегодняшний день актуально не только данная функция, но и функция, реализовывающая прогнозирование технологических параметров на основе предиктивной аналитики.

Использование нейронной сети для управления сепаратором предполагает реализацию функции эксперта для выполнения ситуационного управления объектом. Предполагается, что будет повышено качество управления и оперативность реагирования на внештатные ситуации в случае, если будет выполнено следующее: построена актуальная к объекту архитектура, обучение сети по имеющимся статистическим данным, выполнена интеграция программного обеспечения с нейронной сетью и среды SCADA-системы. Однако согласно [1]

считается, что применение нейронной сети актуально и для реализации прогнозирования значений технологических параметров, что также положительно сказывается на улучшение существующей системы управления.

Исходя из выполненного анализа выяснено:

- применение интеллектуальных средств автоматизации системы управления актуально и для конкретного оборудования на производстве;
- на сегодня существуют несколько способов модернизации системы управления, что говорит об актуальности проведения исследований для выявления наиболее эффективного средства;
- – в зависимости от задачи модернизации применение данных средств может позволить не только выполнять оперативные действия при любых режимах работы оборудования, но и осуществлять прогнозирование его конкретных технологических параметров.

Модернизация существующей системы управления нефтегазовым сепаратором обеспечит улучшения показателей качества продуктов в процессе производства, повышение эффективности производства, несмотря на выполнении модернизации для конкретного оборудования.

Список литературы:

1. Ахметов С.А. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: учеб.пособие / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.П. Верёвкин, Е.С. Докучаев, Ю.М. Малышев; под ред. С.А. Ахметова – М.: Химия, 2005. – 736 с..
2. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учеб. пособие / В.И. Васильев, Б.Г. Ильясов. – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.
3. Клемеш И., Понтон Д.В. Анализ эффективности использования нейронных сетей для моделирования процессов дистилляции // Теоретические основы химической технологии. -1992. -Т. 26. -№ 3. -С. 412-424.

1.3. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ПРИВЕДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ИСКАЖЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

Починяев Сергей Викторович

студент,

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

РФ, г. Салават

REDUCTION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE DISTORTION OF THE SINUSOIDAL SUPPLY VOLTAGE

Sergey Pochinyaev

Student,

Ufa State Petroleum Technical University,

Russia, Salavat

Аннотация. В статье рассмотрен ряд национальных стандартов, нормирующих величину показателей, характеризующих несинусоидальность питающего напряжения.

Abstract. The article considers a number of national standards that normalize the value of indicators that characterize the non-sinusoidality of the supply voltage.

Ключевые слова: высшие гармоники; напряжения; государственные отраслевые стандарты; снижение потерь.

Keywords: higher harmonics; voltages; state industry standards; loss reduction.

В процессе выработки, преобразования, распределения и потребления электроэнергии возможны искажения формы синусоидальных токов и напряжений. Источниками искажений, в общем случае, являются синхронные генераторы, силовые трансформаторы, преобразовательные устройства, электроприемники с нелинейным вольт - амперным характеристиками (или нелинейные нагрузки). В рассматриваемом случае,

искажения, создаваемые синхронными генераторами и силовыми трансформаторами, не учитываются, т.к. они малы и не оказывают существенного влияния на системы электроснабжения.

Основной причиной искажений являются вентильные преобразователи, во всем своем многообразии, электродуговые сталеплавильные и руднотермические печи, установки дуговой и контактной сварки, преобразователи частоты, индукционные печи, электронные технические средства, газоразрядные лампы и т.п. В связи со значительным ростом применения электротехнических комплексов содержащих в своей структуре вентильные преобразователи, генерирующие в сеть высшие гармоники, появилось достаточно большое число возмущений и искажений в промышленных электросетях.

Наличие в сети высших гармонических составляющих приводит к дополнительным потерям, нагреву токоведущих частей, а также ускоренному старению изоляции и отрицательно сказывается на функционировании различных видов электрооборудования. Кроме того, в зависимости от амплитудного спектра напряжения (тока), а также параметров электрических сетей проявляется специфическое воздействие на различные виды электрооборудования, системы релейной защиты и автоматики. При этом количественные характеристики допустимых значений высших гармоник определяется главным образом на основании экспертных оценок линейных и нелинейных нагрузок, преобладающих в сетях.

Таким образом, для некоторых нагрузок важно нормировать не только показатель, характеризующий искажение кривой напряжения, определяемый отношением суммы квадратов действующих значений высших гармоник к номинальному значению напряжения (или к первой гармонике напряжения), называемый коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U (1) или THD (*total harmonic distortion factor*) в зарубежной литературе, но и ограничивать амплитуды отдельных гармоник, которые зависят и от электрических параметров, и от вида нелинейности нагрузки.

$$K_U = \frac{\sqrt{U_{(2)}^2 + u_{(3)}^2 + \dots + U_{(40)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

При разработке соответствующих нормативных документов целесообразно информативно использовать стандарты других стран. Подвергать эти документы всестороннему анализу ни в коем случае не осуществляя механического копирования их положений. Кроме того, несмотря на то, что зарубежные стандарты кажутся более жестким в

отношении нормирования показателей качества электрической энергии, сложно допустить, что нормируемое электротехнологическое оборудование и электроустановки будут соответствовать отечественным стандартам, что конечно должно уточняться и проверяться в каждом конкретном случае.

Стандартом России ГОСТ 13109-2007 нормируется значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U и отдельных гармоник напряжения. Нормально допустимое и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности для напряжения питающей сети приведено в табл. 1, нормально допустимые значения коэффициента n -й гармоники в табл. 2, при этом предельно допустимые значения принимают равными полуторакратному значению нормально допустимых гармоник.

Следует обратить внимание, что значения 3 и 9-й гармоник относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях значения следует принимать вдвое меньше.

Таблица 1.

Допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности

Нормально допустимое значение K_U , % при $U_{ном}$, кВ				Предельно допустимое значение K_U , % при $U_{ном}$, кВ			
0,38	6 - 20	35	110 - 330	0,38	6 - 20	35	110 - 330
8	5	4,0	2	12	8	6	3

Таблица 2.

Нормально допустимые значения коэффициента k -й гармоники

n	Нечетные гармоники $K_U(k)$, % некратные 3, при $U_{ном}$, кВ				Нечетные гармоники $K_U(k)$, % кратные 3, при $U_{ном}$, кВ				Четные гармоники $K_U(k)$, % при $U_{ном}$, кВ					
	0,38	6 - 20	35	110 - 330	n	0,38	6 - 20	35	110 - 330	n	0,4	6 - 20	35	110 - 330
5	6	4	3	1,5	3	5	3	3	1,5	2	2	1,5	1	0,5
7	5	3	2,5	1	9	1,5	1	1	0,4	4	1	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2	2	1	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3	2	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2	1,5	1	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2

Нечетные гармоники $K_U(k)$, % некратные 3, при $U_{ном}$, кВ					Нечетные гармоники $K_U(k)$, % кратные 3, при $U_{ном}$, кВ					Четные гармоники $K_U(k)$, % при $U_{ном}$, кВ				
19	1,5	1	1	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1	1	0,4										
25	1,5	1	1	0,4						>12	0,2	0,2	0,2	0,2
>2 5	0,2+1,3* 25/к	0,2+0,8* 25/к	0,2+0,6* 25/к	0,2+0,2* 25/к										

При практическом определении несинусоидальности напряжения по данному стандарту проводится 9-ть измерений в течение 24 часов через равные промежутки времени для каждой гармоники, находится их среднеквадратичное значение, а затем определяется коэффициент искажения синусоидальности [2, с. 44]. Очевидно, что использование такого метода дает хорошие результаты в том случае, если нагрузка не изменяется в течение суток.

Данный стандарт (в версии 97 года) принят также в Армении, Беларуси, Казахстане, Киргизии, Молдове, Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане в качестве национального стандарта [1, с. 89].

Нормы EN 50160 разработаны для сетей низкого напряжения и сетей среднего напряжения до 35 кВ. Данные нормы приняты в Германии, Норвегии, Дании, Польше и других европейских странах.

Согласно EN 50160 в нормальных режимах каждые сутки в любом 10-минутном интервале времени усредненные величины действующих значений высших гармоник напряжения должны быть не больше, приведенным в табл. 3, при этом коэффициента искажения синусоидальности должен быть не больше 8 % [1, с. 119], [3, с. 8].

При практическом определении значения коэффициента k -й гармоники и коэффициента искажения синусоидальности согласно EN 50160 составляют график нагрузок, на котором в течение 7 дней через 10 минутный промежуток времени отложен замеренный коэффициент искажения синусоидальности (1008 измерений). Таким образом, видно, что использование такого метода дает хорошие результаты при статической и при слабо динамической нагрузке.

Таблица 3.

**Предельно допустимые значения коэффициента k-й гармоники
согласно EN 50160**

Нечетные гармоники				Четные гармоники	
Гармоники некратные трем		Гармоники кратные трем		Номер гармоник и	Относительное напряжение (%)
Номер гармоники	Относительное напряжение (%)	Номер гармоники	Относительное напряжение (%)		
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6,,24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Американский стандарт IEEEStd 519 разработан американским национальным институтом стандартизации (ANSI) и институтом инженеров электриков и электронщиков. Стандарт включает в себя нормы предельно допустимых значений коэффициентов k-й гармоники и коэффициентов искажения синусоидальности потребляемого тока и нормы предельно-допустимых коэффициентов k-й гармоники и коэффициентов искажения синусоидальности напряжения для сетей низкого, среднего и высокого напряжения [4, с. 32]. При этом максимально-допустимые значения токов четных гармоник ограничены 25% от значения «предыдущей» нечетной гармоники.

Рассмотрев вышеуказанные отраслевые стандарты, можно прийти к заключению, что в целом, зарубежные стандарты EN 50160 и IEEEStd 519 предъявляют более «жесткие» требования к наличию в сети высших гармоник.

Список литературы:

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий/ И.В. Жежеленко. - М.: Энергоатомиздат, 2000. - 331 с.
2. ГОСТ 13109-2007 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. EN 50160 Voltage Characteristics in Public Distribution System.
4. IEEEStd 519 IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power system

1.4. ЭНЕРГЕТИКА

АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ РЕССОРНОЙ ПОЛОСЫ С ТРАНСПОРТЕРНЫХ РОЛЬГАНГОВ В ПРЕДЧИСТОВУЮ КЛЕТЬ АО "ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД"

Бабич Алексей Владимирович

студент

Лысьвенский филиал,

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,*

РФ, г. Лысьва

Листопадова Мария Владимировна

ст. преподаватель,

Лысьвенский филиал,

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,*

РФ, г. Лысьва

AUTOMATION OF THE MOVEMENT OF THE WORKPIECE FOR THE SPRING STRIP FROM THE CONVEYOR ROLLER RODS TO THE PRE-CLEANING CRATE OF JSC "CHUSOVSKAYA METALLURGICAL PLANT"

Alexey Babich

Student

*of Lysva Branch of Perm National Research Polytechnic University,
Russia, Lysva*

Maria Listopadova

Lecturer

*Lysva Branch of Perm National Research Polytechnic University,
Russia, Lysva*

Аннотация. АО "Чусовской металлургический завод" - одно из старейших на Урале предприятий черной металлургии, основанное в 1879 году.

Основные направления сбыта сортового и фасонного металлопроката – автозаводы, машиностроительные предприятия, строительные компании, заводы ЖБИ, ДСК. Металлопрокат, производимый на АО «ЧМЗ» – ориентирован на строительный сектор экономики (жилищное, промышленное строительство).

Современные направления систем автоматизации направлены на создание таких автоматических систем, которые способны выполнять заданные функции или процедуры без участия человека или с минимальным его участием.

Abstract. JSC "Chusovsky Metallurgical Plant" is one of the oldest ferrous metallurgy enterprises in the Urals, founded in 1879.

The main sales areas of long and shaped rolled metal products are car factories, machine-building enterprises, construction companies, concrete and steel plants, DSC.

Rolled metal produced at JSC "ChMZ" is focused on the construction sector of the economy (housing, industrial construction). Modern directions of automation systems are aimed at creating such automatic systems that are able to perform specified functions or procedures without human intervention or with minimal human participation.

Ключевые слова: автоматизация; рессорная полоса; транспортный рольганг; предчистовая клеть.

Keywords: automation; spring strip; conveyor roller; pre-cleaning crate.

Важнейшим условием экономического прогресса является – усовершенствование и ускорение научно-технологического процесса. Для этого необходимо решать ряд задач. К одной из которых можно отнести автоматизацию различных технологических операций.

В данной статье рассмотрим систему автоматизации перемещения заготовки рессорной полосы с транспортерных рольгангов в четвертую предчистовую клеть стана 370 на АО «ЧМЗ», с целью оптимизации управления и уменьшения роли оператора в процессе управления.

Что позволит повысить производительность, качество и даст большой экономический эффект.

Для оперативного управления предлагается использовать пульт управления с возможностью запуска механизма, выбора необходимого режима работы и определения причины возникшей аварии.

Проведя ряд необходимых расчетов, был произведен выбор индуктивных датчиков типа ВБИ-Ф80-40К-2183-С.9.18, которые позволяют получать информацию о наличии листа в начале участка и о достижении листом конечного положения на рольганге - таким образом, будет осуществляться контроль над состоянием системы.

В свою очередь, для приведения механизмов в движение будут использованы асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором специальных серий, предназначенных для этого режима (МТК-211-6У N).

Управлять двигателями будут преобразователи частоты («Hyundai» N700V 370HF), позволяющие обеспечить:

- плавный пуск двигателя;
- возможность точного поддержания технологических параметров, с помощью замкнутых систем;
- защита электродвигателей от токовых перегрузок;
- синхронизация нескольких двигателей одним преобразователем частоты;
- за счет оптимального управления двигателем уменьшается потребление электроэнергии, что приводит к повышению надежности и долговечность работы всего технологического оборудования и как следствие упрощение его технического обслуживания.

Таким образом, применяемая система автоматизированного электропривода транспортерных рольгангов выполняет все необходимые требования и является на данный момент наиболее эффективной.

А также оказывает не маловажную роль в научно-техническом прогрессе АО «ЧМЗ» по выпуску рессорной полосы и всей производимой продукции завода, что также положительно сказывается и на экономике всего Лысьвенского городского округа и Пермского края в целом, что в данной рыночной ситуации является наиболее актуальной темой.

Список литературы:

1. Выдрин В.Н., Федосиенко А.С. Автоматизация прокатного производства: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1984. – 472 с.
2. Целиков А.И., Гришков А.И. Теория прокатки. – М.: Металлургия, 1970. – 358 с.
3. Фомин Г.Г., Дубейковский А.В., Гринчук П.С. Механизация и автоматизация широкополосных станов горячей прокатки. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
4. Челюсткин А.Б. Автоматизация процессов прокатного производства. – М.: Металлургия, 1971. – 296 с.
5. Туманов М.П. Технические средства автоматизации и управления. Цифровые средства обработки информации и программное обеспечение: Учебное пособие / Под ред. А.Ф. Каперко. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2005. – 71 с.

6. Иванов В.М. Электроприводы с системами числового программного управления: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 152 с.
7. Современные компоненты автоматизации // Конструктор-машиностроитель, 2007, №3. – С. 8 – 13.
8. Технологические контроллеры для систем управления перемещением и позиционирования // AUTOMATION-DRIVES.RU: Официальный сайт департаментов «Промышленная автоматизация» и «Технологии приводов» (IA&DT) ООО Сименс. 2010. URL http://www.automation-drives.ru/as/download/ascatsimatic_s7/s7_300/14_Technology_r.pdf (дата обращения: 12.12.2010).
9. Фалк Г.Б. Технические средства автоматизации и управления: исполнительные устройства: Учебное пособие / Под ред. А.Ф. Каперко – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2004. – 127 с.
10. Восканьянц А.А. Автоматизированное управление процессами прокатки: Учебное пособие / А.А. Восканьянц; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 85 с.
11. Восканьянц А.А. Автоматизированное управление процессами прокатки: Учебное пособие / А.А. Восканьянц; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 85 с. «Металлургические машины и оборудование»

АВАРИЙНЫЕ ОТКАЗЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Сабыржанова Айгерим Омирзахкызы

магистрант,

*НАО Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана,*

Республика Казахстан, г. Уральск

Жексембиева Назым Сагиновна

канд. техн. наук, доцент,

*НАО Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана,*

Республика Казахстан, г. Уральск

Ербаев Ербол Тулегенович

доктор PhD, и.о. доцент,

*НАО Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана,*

Республика Казахстан, г. Уральск

EMERGENCY FAILURES OF OVERHEAD LINES

Aigerim Sabyrzhanova

*Master's student,
NJSC West Kazakhstan Agrarian and Technical University
named after Zhangir khan,
Republic of Kazakhstan, Uralsk*

Nazym Zheksembieva

*Candidate of technical sciences,
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University
named after Zhangir khan»,
Republic of Kazakhstan, Uralsk*

Yerbol Yerbayev

*Doctor of philosophy (PhD),
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University
named after Zhangir khan»,
Republic of Kazakhstan, Uralsk*

Аннотация. Компонентная структура ВЛ позволяет выполнить не только анализ повреждаемости ВЛ, но и вести планирование и учет технического обслуживания и ремонта ВЛ с помощью систем управления активами. В статье рассматривается анализ технологических нарушений ВЛ, отказы которых происходят из-за повреждений изолирующей подвески, проводов, грозозащитных тросов, стойки опор и анкерных узлов крепления тросовых оттяжек опор.

Abstract. The component structure of the overhead line allows you to perform not only the analysis of the damage to the overhead line, but also to plan and account for the maintenance and repair of overhead lines using asset management systems. The article deals with the analysis of technological violations of overhead lines, failures of which occur due to damage to the insulating suspension, wires, lightning protection cables, support struts and anchor attachment points of cable ties of supports.

Ключевые слова: воздушная линия; линий элеткропередач; обрыв провода; отказы; аварийное отключение; электрическая сеть.

Keywords: overhead line; power lines; wire breakage; failures; emergency shutdown; electrical network.

По статистике воздушные линии электропередач повреждаются больше чем трансформаторы и выключатели. В основном, повреждаются они из-за территориальной протяженности и влияния погодных условий. Повреждаемость электросетей напрямую влияет на промышленные отрасли, а также бытовым потребителям. Если не уделять должное влияние на повышение эффективности работ воздушных линий, то это приведет к большим материальным расходам.

За период с 1999 по 2016 годы в электрических сетях Казахстана произошло 5299 аварийно отключенных ВЛ напряжением 220-1150 кВ [1,2], которые классифицировались следующим образом:

1. Недостаток эксплуатации, что составляет 22 % от общего числа отключений. В зависимости от этого раздела включают следующие отключения:

- обрушением опор в связи с коррозией анкерного узла крепления канатных тягачей и недостаточным углублением опор;
- с обрывом проводов и молниезащитных тросов и их жил из-за неудовлетворительного контакта в ясную погоду и в зажимах;
- разъединение и разрыв изолирующих подвесок вследствие неудовлетворительного шарнирного соединения арматуры при отсутствии замков и открытой погоде;
- Возгорание растений на трассе ВЛ;
- изоляционными покрытиями при открытой погоде из-за загрязнения изоляторов;
- перекрытие проводов в кронах деревьев.

2. Воздействие посторонних лиц, что составляет 4 % от общего числа отключений. Он состоит из следующих отключений в зависимости от раздела:

- падением опор из-за угона углов и среза анкерных болтов канатных тягачей;
- Обрывы и повреждения проводов вследствие работы спецтехники под ВЛ;
- на спецтехнику, работающую в охранной зоне ВЛ от проводов с дубовыми покрытиями, а также на негабаритный транспорт, проходящий под ВЛ;
- изоляционными покрытиями из-за разрушения изоляторов при стрельбе из охотничьих ружей;
- Наброски посторонних предметов на проводах ВЛ;
- С разведением огня в охранной зоне ВЛ.

3. Воздействие природных явлений, что составляет 21 % от общего числа отключений. Это произошло при ветровых и гололедных нагрузках на участок и в связи с этим:

- падение опор;

- обрыв проводов и молниезащитных тросов и их жил;
- разъединение и разрыв изолирующих подвесок;
- пляска проводов и молниезащитных тросов;
- приближение провода к несущему телу на неблагоприятное расстояние;

- сближением проводов и молниезащитных тросов друг с другом или на недопустимое расстояние до земли в связи с образованием гололеда;
- перекрытие изоляции во время грозы при густом тумане.

4. Неуточненные причины, составляющие 32 % от общего числа отключений. Этот раздел включает в себя отключения, вызванные природными явлениями, причины которых не были установлены, даже когда погода была ясной.

5. Отключения, не связанные с повреждением ВЛ, что составляет 21 % от общего числа отключений. К данному разделу относятся отключения, вызванные ошибочными действиями персонала, неисправностями релейной защиты и автоматики, неисправностями оборудования ПС, неисправностями оборудования потребителей.

6. Отключения из-за дефектов производства и некачественного строительства, что составляет менее 1 % от общего количества. В этот раздел входят отключения, связанные с некачественным монтажом при строительстве, заводскими дефектами поставляемых материалов.

На рисунке 1 приведена общая статистика аварийных отключений, распределенных по классифицированным причинам.



Рисунок 1. Классификация аварийных отключений ВЛ за период 1999-2016 годов

Далее рассмотрим эту статистику по годам, показанную на рисунке 2. Стоит отметить, что отключение ВЛ в 2001 году было показано только в первые 7 месяцев, так как данные за август - декабрь, к сожалению, отсутствуют.

Наблюдается тенденция к снижению аварийных отключений по неустановленным причинам и в связи с недостаточной эксплуатацией, но при этом увеличивается количество аварийных отключений, связанных с воздействием природных явлений. Это связано с требованием установить причины аварийного отключения ВЛ с успешным АПВ, возникшим в 2009 году, однако в ранние годы это не требовалось.

- Отключения, не связанные с повреждением ВЛ 1080; 21%
- Ошибки строителей, дефекты изготовления; 20; 0%
- Недостатки в эксплуатации; 1175; 22%
- Воздействие посторонних лиц; 220; 4%
- Влияние стихийных явлений; 1098; 21%
- Неустановленные причины; 1705; 32%

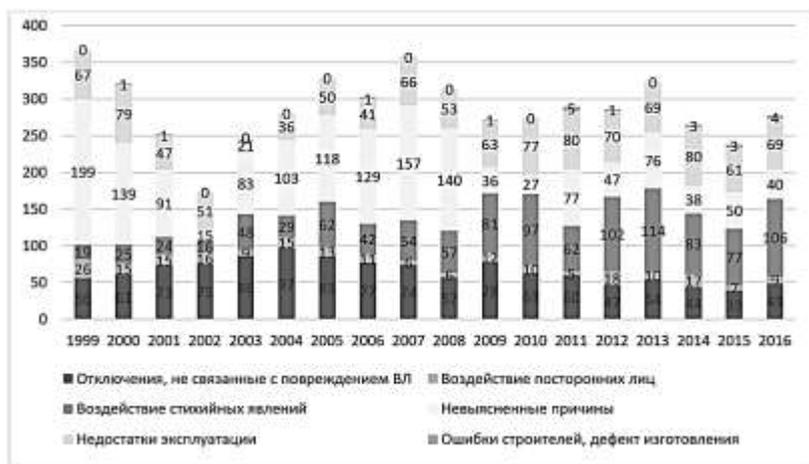


Рисунок 2. Количество аварийных отключений ВЛ за 1999-2016 годы

Отказы ВЛ Республики Казахстан классифицированы следующим образом [3,4]:

- 1) по продолжительности нарушения работоспособности – постоянная;
- 2) по скорости протекания процессов, изменение значений параметров – внезапно;
- 3) по степени нарушения работоспособности – полностью;
- 4) в связи с отказом других объектов – независимо.

Причинами постоянных отказов ВЛ могут быть внешние и внутренние. К внешним причинам относятся:

1) ошибки, допущенные при проектировании, определении условий и режимов эксплуатации, при изготовлении элементов и их монтаже. Эти ошибки и скрытые дефекты обычно возникают на начальном этапе эксплуатации;

2) износ, что приводит к постепенной потере ряда функциональных свойств объекта, т.е. к износу. Процесс деградации происходит под воздействием постоянных факторов, которые носят случайный и детерминированный характер;

3) воздействие природных явлений и посторонних лиц. Эти эффекты приводят к отказам, даже если элементы ВЛ не имеют какого-либо видимого ухудшения функциональных свойств.

К внутренним причинам относятся ошибки обслуживающего персонала и низкая его квалификация. Низкое качество поверки, неудовлетворительное выполнение технического обслуживания и ремонта приводят к сбою.

Анализ отказов ВЛ выполнен с учетом климатических зон, указанных в таблице 1. Республика Казахстан расположена в умеренном климатическом поясе. Расположение ВЛ по климатическим районам определено на основании [5, 6].

Таблица 1.

Распределение климатических зон

Климатическая зона	Среднее значение абсолютных годовых минимумов температуры воздуха, 0С.
Средний холодный	с минус 45 до минус 40
Нормальный	с минус 40 до минус 25
Среднее теплый	Выше минус 25

За период с 1999 по 2016 годы в электрических сетях вышел из строя 251 ВЛ (таблица 2). Эти сбои были вызваны повреждением следующих элементов:

- 1) изолирующие подвески (42% от общего количества);
- 2) провода (20% от общего количества);
- 3) стойка (17% от общего количества);
- 4) тросы молниезащиты (17% от общего количества);
- 5) узлы анкерного крепления канатных тягачей опор (4% от общего количества).

Таблица 2.

Отказ ВЛ за период 1999-2016 годы

№ р/т	Наименование элементов, приведших к отказу	Количество отказов при среднем абсолютном минимуме температуры воздуха		
		-45 до -40	-40 до -25	выше -25
1	Опорные стойки, в том числе:	3	34	5
1.1	Центрифугированный железобетон	-	23	3
1.2	металлическая решетка	3	11	2
2	Анкерные узлы крепления канатных тягачей, в том числе:	-	10	-
2.1	подземный	-	8	-
2.2	наземный	-	2	-
3	Провода, в том числе:	3	42	7
3.1	в интервале	1	25	2
3.2	На шлейфе	2	17	5
4	Молниезащитные тросы (в пролете)	3	34	6
5	Изолирующие подвески, в том числе:	3	83	18
5.1	стекло и фарфор	3	78	18
5.2	полимерный	-	5	-

Таким образом, компонентная структура ВЛ позволяет выполнить не только анализ повреждаемости ВЛ, но и вести планирование и учет технического обслуживания и ремонта ВЛ с помощью систем управления активами. Анализ технологических нарушений ВЛ показал, что отказы ВЛ происходят из-за повреждений изолирующей подвески, проводов, грозозащитных тросов, стойки опор и анкерных узлов крепления тросовых оттяжек опор.

Список литературы:

1. Утеулиев, Б.А. Надежность элементов ВЛ 220 кВ и выше / Б.А. Утеулиев // Куатты энергетика КЗ. – 2015. – №1 (01). – С. 8-38.
2. Утеулиев, Б.А. Оценка значимости элементов ВЛ в формировании ее ресурса / Б.А. Утеулиев, А.В. Михеев // Вестник КазНТУ. – 2015. – №1 (107). – С. 273-284.

3. Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ и их элементов. – М.: Фирма ОРГРЭС, 1994. – 17 с.
4. Утеулиев, Б.А. Ресурс опор воздушных линий электропередачи / Б.А. Утеулиев, А.Г. Тарасов // Научный вестник НГТУ. – 2015. – №2 (59). – С. 89-97.
5. ГОСТ 25870-93 Макроклиматические районы земного шара с холодным и умеренным климатом. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 65 с.
6. СНиП РК 2.04-01-2010 Строительная климатология. – Алматы: КазНИИССА, 2011. – 20 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

ФОРМА ОПРОСА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ UX-ЭКСПЕРИМЕНТА

Олжабек Адильбек

*бакалавр, ассистент-инструктор,
Университет имени Сулеймана Демиреля,
Республика Казахстан, г. Каскелен*

Аннотация. В этом документе описываются экспериментальные сигналы, используемые в тестах UX для определения свойств сигналов, предметов, людей и моделей в контексте студии. В этом исследовании представлены три вклада. Во-первых, методологический, поскольку процесс, используемый для создания вопросника, может быть воспроизведен в различных предметных приложениях. Во-вторых, сам вопросник может быть использован для сбора экспериментальных данных, важных для оценки потока сопоставимых приложений. В-третьих, это исследование дает первое объяснение того, как данные, собранные с помощью вопросника, могут быть использованы для информирования о других действиях, охватывающих от выбора методов оценки до определения факторов-предикторов, показателей потока, экспериментальных задач и оборудования.

Ключевые слова: наука о данных; UX; Визуализация данных; пользовательский опыт; сбор данных

I. Введение

Оценки пользовательского опыта (UX) с репрезентативными конечными пользователями необходимы для создания интерактивных систем, что является компонентом ориентированного на пользователя проектирования (UCD) (ISO, 2010). Чтобы придерживаться принципов UCD, методологии UX обычно интегрируются в разработку продукта. Они пытаются улучшить текущие проектные решения формирующим способом, в то время как оценки UX при ретроспективном подходе проверяют, соответствуют ли проектные решения критериям UX. Кроме того, оценки UX оказывают значительное влияние на уровне интерфейса (UI), поскольку они почти всегда приводят к новому или рассмотренному дизайну пользовательского интерфейса (UI), критериям UX и вариантам использования. Оценки UX, в свою очередь, помогают проверить проектные решения, влияют на будущую разработку продукта и выполняют цели UX. Учитывая, что UX является личным и обсуждаемым [1 с. 941], экспериментаторы должны выполнить репрезентативный дизайн испытания, чтобы результаты были обобщены. Необходимо охватить значительную часть реальной нации, чтобы заинтересовать участников в выполнении экспериментальной деятельности, как если бы она была подлинной [2]. Исследовательские проекты должны конкретно представлять как реальный, так и цифровой мир пользователей, поскольку обе области взаимосвязаны в системе или программном обеспечении. Рабочее пространство ссылается на сообщения, артефакты и элементы, которые обычно присутствуют в окружении пользователей, в то время как цифровая сфера относится к исследуемому процессу проектирования. Хотя эти данные связаны с реализацией оценок UX, их сбор является сложной задачей UX, особенно на ранних этапах цикла разработки продукта, когда оценка сценария использования все еще продолжается.

II. Стратегия составления вопросника

Исследовательские сигналы, включаемые в UX-тест, включают визуальные, звуковые и тактильные характеристики сигналов, объектов, людей и прототипов, доступных испытуемым в лабораторных условиях.

Сигналы указывают на информацию, отображаемую в физическом окружении водителя, такую как климатические условия, условия освещения и уровень шума внутри и снаружи автомобиля. Регулярно эти подсказки используются водителями для оценки комфорта и безопасности во время вождения, текущего состояния транспортного средства или ситуации на улице. Такие объекты, как сигналы активности, здания или растительность, являются сигналами, которые могут

использоваться водителями для оценки общих и близлежащих условий вождения: в помещении или на открытом воздухе, в городе или провинции, а также близости препятствий на дороге. Для выполнения плана агента и постоянства активности план тестирования должен фиксировать эти подсказки и дублировать их в лаборатории. Примеры подлинных сигналов и подлинных объектов, которые должны быть воспроизведены в лабораторных условиях, включают шум двигателя, звуки, сирены, капли дождя на лобовом стекле, дневной свет, сигналы активности или препятствия на улице. Этот сигнал состоит из набора характеристик, которые отображают социальное взаимодействие между водителем и другими людьми или группами в автомобиле, например, общение с другими пассажирами в автомобиле, доступ к социальным системам, телефонные звонки и сотрудничество с сотрудниками ГИБДД или другими видами деятельности. руководство персоналом. Социальная среда представляет собой близость других людей, сотрудничество и взаимодействие между ними. Другими словами, люди, с которыми взаимодействует клиент и которые влияют на взаимодействие пользователя с фреймворком. На самом деле водители регулярно общаются с другими людьми и взаимодействуют с различными гаджетами, которые все способствуют отвлечению водителя от вождения и увеличению его когнитивных способностей. Социальная, физическая и техническая среда переменные, которые напрямую влияют на удобство использования, планирование и использование фреймворка [1 с. 970]. В зависимости от метода оценки экспериментатор может играть роль очевидца, участника или волшебника, выполняя такие задачи, как запись ответов и поведения пользователей, ведение заметок и так далее. Если между экспериментатором и клиентом происходит взаимодействие, экспериментатор становится подсказкой.

III. Сбор данных

Мы провели опрос среди четырех промышленных партнеров из пяти, что составляет 19 потенциальных респондентов. Мы запретили одному схоластическому сообщнику участвовать в обследовании организации, так как их миссия в расширении не включает в себя никакого плана или упражнений по улучшению. Мы собрали информацию от интригующих групп, имеющих различные цели, чтобы создать конечный пункт, поскольку они работают над продвижением различных компонентов системы. В свою очередь, мы собрали четыре ответа на исследование, каждый из которых представлял одного сообщника. Стоит сказать, что эти ответы говорят о комбинированных мульти субъектных реакциях, так как над передачей ответов на вопросы работало несколько человек. Таким образом, в обзоре приняли участие более четырех человек,

но они передали связанную реакцию, отражающую предположение их компании о том, какие сценарии должны быть протестированы в соответствии с типом потребностей, которые они должны иметь для эффективного создания конечного продукта.

Речь идет о сочетании количественных и субъективных открытий. Все респонденты продемонстрировали, что различные погодные условия должны быть включены в план испытаний. Никто не выбирал укрытых одеялом и морозных условий. Среди респондентов дневное время было наиболее часто выбираемой частью дня, взятой после наступления ночи и в этот момент наступления темноты или рассвета. Все респонденты ответили, что план тестирования должен включать в себя наружные (например, остановка участка или улицы) и городские условия (например, в городе) [3]. Три респондента выбрали среднюю интенсивность движения (т. е. Несколько автомобилей, ликвидная активность), один - низкую (несколько автомобилей). Два респондента из четырех выбрали интуитивно понятные через интуитивно понятные системы. Наконец, все респонденты ответили, что исследовательский план должен включать в себя общение с путешественниками и отсутствие общения с людьми на улице (например, с сотрудниками полиции).

IV. Итоги

Собранная информация позволила нам выбрать стратегию оценки UX, составить тестируемые клиентские сценарии и извлечь модели группировки поручений в рамках оценки UX. Более того, преданность модели и мятежный характер должны быть охарактеризованы исследователями на основе выбранной стратегии оценки потока. Для иллюстрации, это будет зависеть от того, потребует ли модель от разработчиков кодирования нескольких компонентов или нет, от области оценки или от того, будут ли включены клиенты (оценка на основе клиента или эксперта) [4].

На основе собранной информации опроса мы создали несколько тестируемых клиентских сценариев, которые отображают взаимодействие между водителем и VUI автономного автомобиля. Выбор факторов для включения в эксперимент основан на их повторяемости в наборе ответов.

Следуя этому методу, аналитики могут создать несколько сценариев, либо выбрав свободные факторы на основе их повторяемости, либо просмотрев доступную информацию и объединив их, чтобы создать ситуацию, которая удовлетворяет потребностям оценки UX. Например, в случае, если цель состоит в том, чтобы оценить каркас в ветреных и тусклых условиях, в этот момент переменная климата будет установлена на “дождливый”, а переменная освещения – на “ночной” [5]. Предыдущие исследования использовали сценарии,

чтобы говорить о реальных обстоятельствах, описывать продуманный план и условия, с которыми сталкиваются водители на улице проанализировали опыт самостоятельного и обычного вождения с использованием системы тестирования вождения в городских, провинциальных, скоростных автомагистралях и зонах остановок. Сценарии являются узнаваемым доказательством того, склоняются ли водители к самостоятельному или обычному вождению, в зависимости от обстоятельств и событий, происходящих во время вождения в разных зонах [6].

V. Извлеченные уроки

Используя информацию, собранную в ходе опроса, мы создали множество клиентских сценариев и моделей группировки их назначений, но отображали как бы один из них. Анкета служила инструментом выявления предпосылок для планирования теста и выделения экспериментальных заданий. Мы понимаем, что стратегия создания сценариев не является детерминированной и может выдавать различные сценарии в зависимости от склонностей экспериментатора. Однако аналитики могут составить набор сценариев, следуя нашей стратегии, и выбрать те, которые наиболее выгодны для улучшения. Таким образом, экспериментатор может, в зависимости от целей оценки, сделать мыслительный выбор, чтобы обдумать, как каждый сигнал влияет на ПОТОК . Оценки UX должны основываться на реальных пользователях, реальных назначениях и реальной среде, чтобы расширить экологическую легитимность и получить результаты агента. Мы специально сделали опрос специфичным для проекта в автомобильном сегменте именно по этой причине. Стратегия создания опроса может быть воспроизведена в других доменных приложениях, адаптировав вопросы к конкретной области, поскольку сигналы являются обобщенными.

VI. Заключение

В данной работе представлен набор тестовых подсказок, входящих в состав UX-тестов, которые характеризуют характеристики сигналов, объектов, индивидов и моделей в лабораторных условиях. Мы использовали эти подсказки в качестве методологической предпосылки для построения анкеты, где каждый урок подсказок представляет собой набор переменных. Мы использовали этот опрос для сбора информации для формирования исследовательского плана UX, выполнения тестовых заданий, выбора стратегии оценки UX и мер UX. Опрос послужил инструментом для работы вокруг экзамена "потерянные предметы первой необходимости" и помог нам идти в ногу с группой продвижения.

Реплики представляют собой автономные факторы эксперимента, которые аналитики могут использовать для создания сценариев тестирования и размышления о том, как их контроль влияет на результаты оценки потока. Мы организуем повторное использование вопросника в любой момент, когда нам нужно будет охарактеризовать тестовые задания для оценки UX, чтобы улучшить коммуникацию между UX и командами разработчиков и узнать, какие сценарии должны быть протестированы, чтобы надлежащим образом рекомендовать план системы.

Кроме того, опрос позволил нам быстро собрать данные, необходимые для формирования плана оценки UX, который мы могли бы показать группе *srgu* и скорректировать с учетом подготовки к разработке.

Список литературы:

1. Алонсо-Риос Д., Васкес-Гарсия А., Москейра-Рей Э. и Море-Бонильо В. (2010). Таксономия контекста использования для исследований юзабилити. *Международный журнал взаимодействия человека и компьютера*, 26 (10): 941-970.
2. Алвес Р., Валенте П. и Нуньес Н. Дж. (2014). Состояние практики оценки пользовательского опыта, страницы 93-102, Нью-Йорк, Нью-Йорк, США. АСМ.
3. Араужо Д., Дэвидс К. и Пассос П. (2007). Экологическая обоснованность, репрезентативный дизайн и соответствие между ограничениями экспериментальных задач и поведенческими установками: комментарий к Rogers, Kadar и Costall (2005). *Экологическая психология*, 19 (1): 69-78.
4. Баргас-авила Дж. А. и Хорнбек К. (2011). Анализ эмпирических исследований пользовательского опыта. *Материалы конференции SIGCHI по человеческому фактору в вычислительных системах*, страницы 2689-2698.
5. Бек К., Бидл М., Ван Беннекум А., Кокберн А., Каннингем У., Фаулдер М., Греннинг Дж., Хайсмит Дж., Хант А., Джеффрис Р. и др. (2001). *Манифест гибкой разработки программного обеспечения*. <http://www.agilemanifesto.org/>. 2019- 04-26.
6. Бернсен Н.О., Дыбкьер Х. и Дыбкьер Л. (1993). Классификация и выбор показателей пользовательского интерфейса и удобства использования.

2.2. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТАРЬЯНА-ВИШКИНА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ДВУСВЯЗНЫХ КОМПОНЕНТ ГРАФА

Гордеев Иван Иванович

*канд. физ. - мат. наук, доцент кафедры ПМИ,
Астраханский государственный университет,
РФ, г. Астрахань*

Надцына Айгуль Калиевна

*студент,
Астраханский государственный университет,
РФ, г. Астрахань*

TARJAN-VISHKIN TRANSFORMATION FOR FINDING BICONNECTED COMPONENTS OF GRAPH

Ivan Gordeev

*Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, associate professor in
Astrakhan State University,
Russia, Astrakhan*

Aigul Nadtsyna

*Student in Astrakhan State University,
Russia, Astrakhan*

Аннотация. В статье рассмотрено преобразование, используемое в алгоритме Тарьяна-Вишкина для нахождения двусвязных компонент графа. Преобразование заменяет исходный граф, двусвязные компоненты которого требуется найти, на новый граф, компоненты связности которого соответствуют двусвязным компонентам исходного.

Abstract. The article considers the transformation used in the Tarjan-Vishkin algorithm for finding biconnected graph components. The transformation replaces the original graph biconnected components of which

are to be found with a new graph connected components of which correspond to the biconnected components of the original one.

Ключевые слова: алгоритм Тарьяна-Вишкина; двусвязные компоненты графа.

Keyword: Tarjan-Vishkin algorithm; biconnected components of graph.

Введение. Для многих задач в научных исследованиях, где используются графовые модели, важным является нахождение двусвязных компонент в графе. Одним из наиболее эффективных и универсальных алгоритмов для нахождения двусвязных компонент является алгоритм, предложенный в 1985 году Робертом Тарьяном и Узи Вишкиным [2]. В данной статье рассматривается важный этап алгоритма Тарьяна-Вишкина: преобразование исходного графа в новый так, чтобы компоненты связности нового графа соответствовали двусвязным компонентам исходного графа. Статья Тарьяна и Вишкина [2] дает краткое формальное описание такого преобразования, однако, на наш взгляд, требуется более подробное пояснение данного преобразования. В некоторых источниках, предпринимающих попытку описать алгоритм Тарьяна-Вишкина на русском языке, о соответствующем преобразовании вообще не говорится [3].

Основная часть. В разных источниках даются разные, хотя и эквивалентные определения *двусвязных компонент* графа. В качестве синонима названия «двусвязная компонента» используется также термин *компонента двусвязности* или *блок* [4, 5]. Приведем два наиболее типичных определения двусвязных компонент:

Определение 1. Двусвязными компонентами графа называются классы эквивалентности рёбер, в которых два ребра принадлежат одному и тому же классу эквивалентности тогда и только тогда, когда они лежат на общем простом цикле [4].

Определение 2. Блок (компонента двусвязности) графа – связный, непустой, не имеющий собственных точек сочленения максимальный подграф неориентированного графа [5].

Точками сочленения называются вершины графа, при удалении которых увеличивается количество связных компонент графа. Точки сочленения принадлежат более, чем одному блоку. На Рис. 1 показан рассматриваемый далее в качестве примера граф G с 11 вершинами.

На Рис. 2 пунктиром обведены двусвязные компоненты (блоки) графа G . Всего граф G имеет 6 двусвязных компонент.

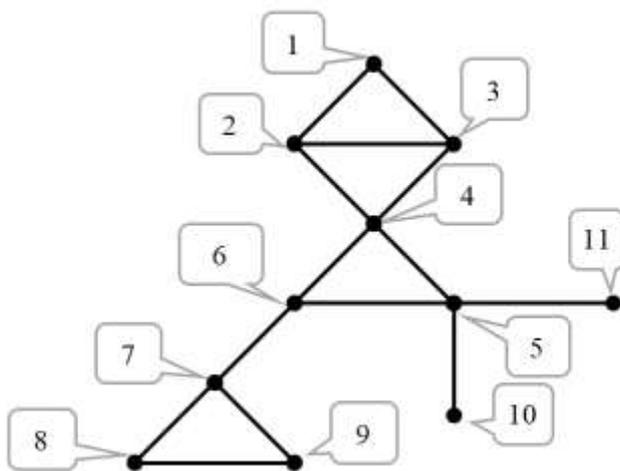


Рисунок 1. Граф G , рассматриваемый в качестве примера

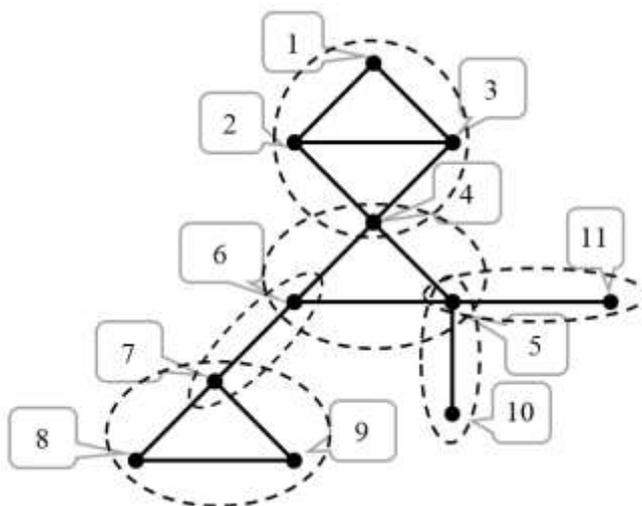


Рисунок 2. Обведенные пунктиром двусвязные компоненты графа G

На Рис. 3 подграфы, соответствующие блокам, изображены отдельно; при этом способе изображения точки сочленения дублируются в разных блоках. Точками сочленения являются вершины 4, 5, 6, 7.

Нахождение двусвязных компонент графа является актуальным для многих прикладных задач, в частности для нахождения остова перколяционного кластера.

В 1972 году Роберт Тарьян предложил рекурсивный алгоритм поиска в глубину, который может применяться для нахождения двусвязных компонент [1].

Рекурсивный поиск в глубину не может быть распараллелен, поэтому в 1985 году Роберт Тарьян и Узи Вишкин предложили новый алгоритм для нахождения двусвязных компонент, использующий поиск в ширину и допускающий распараллеливание [2].

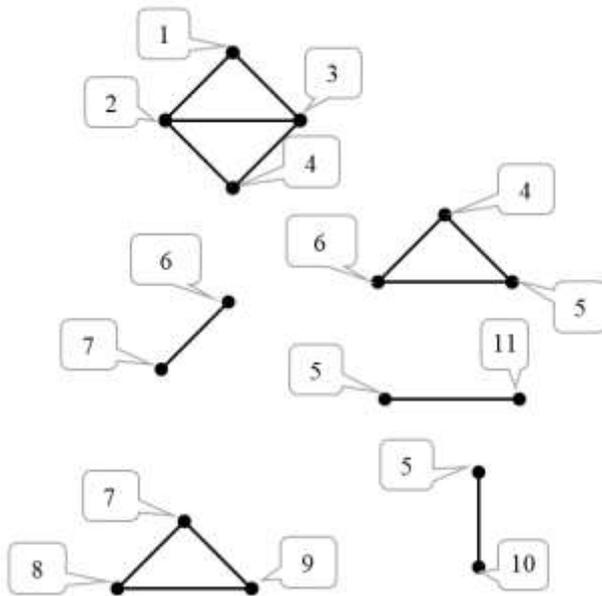


Рисунок 3. Отдельное изображение блоков графа G

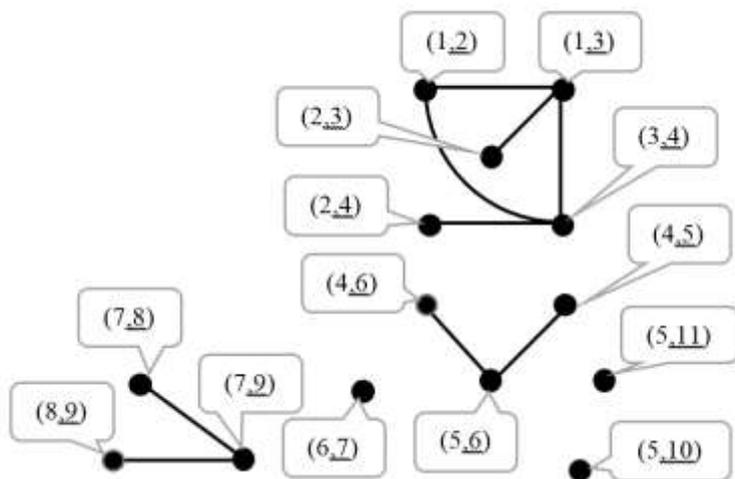


Рисунок 4. Граф G' , соответствующий графу G

Тарьян и Вишкин предложили правила для замены исходного графа G вспомогательным графом G' , так чтобы компоненты связности графа G' соответствовали двусвязным компонентам графа G . Вершины графа G' – это ребра графа G ; если S – множество ребер в графе G , то S порождает двусвязную компоненту графа G тогда и только тогда, когда S порождает компоненту связности графа G' . Количество вершин в каждой компоненте связности графа G' равно количеству ребер в соответствующей двусвязной компоненте графа G . На Рис. 4 показан граф G' , вершины которого соответствуют ребрам графа G , а 6 компонент связности соответствуют 6 двусвязным компонентам графа G , показанного на Рис. 1.

Вначале Тарьян и Вишкин предлагают выделить в графе G любое корневое остовное дерево T . Оригинальный алгоритм Тарьяна использует для поиска двусвязных компонент только глубинное остовное дерево. Особенностью глубинного остовного дерева является то, что среди ребер $G - T$, которые не вошли в дерево, есть только обратные ребра, соединяющие вершину с одним из ее предков, но нет поперечных ребер, которые соединяют две вершины не находящиеся в отношении предок-потомок. Однако для алгоритма Тарьяна-Вишкина не является существенным, чтобы дерево было древесным.

На Рис. 5 приводится пример возможного выбора дерева T . Из 14 ребер графа G 10 ребер выделено в качестве древесных (сплошные линии) и 4 ребра в качестве недревесных (пунктирные).

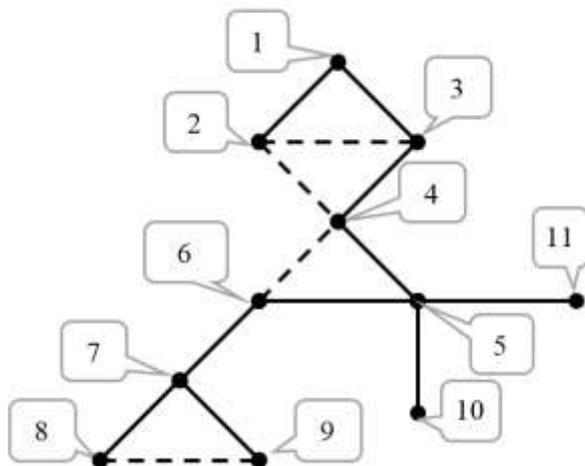


Рисунок 5. Ребра, выделенные в графе G как древесные (сплошные) и недревесные (пунктирные)

Пусть T – любое корневое остовное дерево графа G , и пусть вершины T пронумерованы от 1 до n в порядке прямого обхода и каждую вершину идентифицируют по её номеру. Рёбра T обозначаются через $v \rightarrow w$, где v является родителем w , обозначаемым $p(w)$.

Получаемое в результате преобразования граф G' содержит каждое ребро графа G как вершину. Преобразование добавляет в граф G' ребра трех видов.

Первый вид ребер графа G' : $((u, w), (v, w))$, где $u \rightarrow w$ является ребром T , а (v, w) является ребром $G-T$ таким, что $v < w$. Здесь внутренние пары скобок (u, w) , (v, w) соответствуют рёбрам в исходном графе G , которые являются вершинами в новом графе G' . Внешняя пара скобок $((u, w), (v, w))$ означает, что эти новые вершины соединены между собой в графе G' .

Неформально можно сказать, что ребра первого вида добавляются в граф G' , когда древесное ребро графа G смежно с недревесным ребром графа G и их общая вершина имеет номер больше, чем вершины на другом конце рёбер.

Рёбра графа G' из примера, относящиеся к первому виду: $((1,3), (2,3)); ((2,4), (3,4)); ((5,6), (4,6)); ((7,9), (8,9))$. На Рис. 6 соответствующие ребра выделены красным цветом. Вершины графа G' , соответствующие древесным ребрам графа G , показаны на Рис. 6 черными точками, а вершины, соответствующие недревесным ребрам, показаны серыми точками.

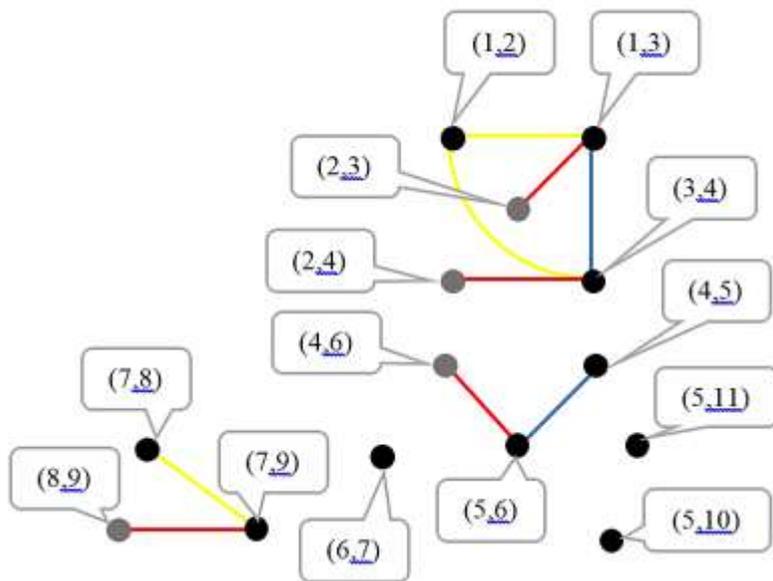


Рисунок 6. Три вида ребер в графе G' : красные – первый вид, желтые – второй вид, синие – третий вид

Второй вид ребер графа G' : $((u, v), (x, w))$, где $u \rightarrow v$ и $x \rightarrow w$ являются ребрами T , а (v, w) является таким ребром $G - T$, что v и w не имеют отношения предок-потомок в T (допускается $u = x$).

Неформально можно сказать, что ребра второго вида добавляются в граф G' , когда два древесных ребра графа G , соединены поперечным недревесным ребром графа G .

Рёбра графа G' из примера, относящиеся ко второму виду: $((1,2), (1,3))$ (соединяющее недревесное ребро $(2,3)$); $((1,2), (3,4))$ (соединяющее недревесное ребро $(2,4)$); $((7,8), (7,9))$ (соединяющее недревесное ребро $(8,9)$). На Рис. 6 соответствующие ребра выделены желтым цветом.

Третий вид ребер графа G' : $((u, v), (v, w))$, где $u \rightarrow v$ и $v \rightarrow w$ являются ребрами T , а некоторое ребро графа G соединяет потомка w с непотомком v . Допускаются несобственные потомки.

Неформально можно сказать, что ребра третьего вида добавляются в граф G' , когда имеются два последовательных ребра дерева T , для которых есть недревесное ребро графа G входящее с ними в простой цикл.

Рёбра графа G' из примера, относящиеся к третьему виду: $((1,3), (3,4))$, вспомогательное ребро (потомок w , непотомок v)= $(4,2)$; для рёбер $((4,5), (5,6))$, вспомогательное ребро $(6,4)$. На Рис. 6 соответствующие ребра выделены синим цветом.

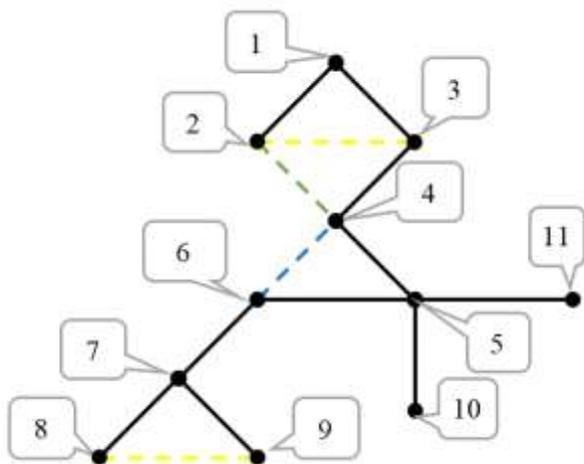


Рисунок 7. Использование недревесных ребер в преобразовании:
желтые – правило 2, синие – правило 3,
зеленые – правила 2 и 3 одновременно

Заключение. Чтобы еще более подробно пояснить детали преобразования добавим еще Рис. 7, на котором помечено использование в преобразовании Тарьяна-Вишкина вспомогательных недревесных ребер. Желтым цветом на Рис. 7 помечены вспомогательные недревесные ребра графа G , которые используются при добавлении в граф G' ребер второго вида. Синим цветом на Рис. 7 помечены вспомогательные недревесные ребра графа G , которые используются при добавлении в граф G' ребер третьего вида. Зеленым цветом на Рис. 7 помечены вспомогательные недревесные ребра графа G , которые используются при добавлении в граф G' ребер и второго, и третьего видов.

Список литературы:

1. Tarjan R. E. Depth-first search and linear graph algorithms // *SIAM Journal on Computing*. 1972. Vol. 1. P. 146-160.
2. Tarjan R. E., Vishkin U. An efficient parallel biconnectivity algorithm // *SIAM Journal on Computing*. 1985. Vol. 14. P. 862–874.
3. Алгоритм Тарьяна-Вишкина поиска компонент двусвязности // *Алговики*. [2017]. Дата обновления: 22.11.2017. URL: http://algowiki-project.org/w/ru/index.php?title=Алгоритм_Тарьяна-Вишкина_поиска_компонент_двусвязности&oldid=24130 (дата обращения: 01.05.2022).
4. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. – М.: Издательство «Мир», 1979.
5. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании / В.А. Евстигнеев, В.Н. Касьянов. — Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. — 291 с.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОПИСАНИЙ И РЕАЛИЗАЦИЙ АЛГОРИТМА ЛИСА ДЛЯ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ ЗАДАЧ

Гордеев Иван Иванович

*канд. физ. – мат. наук, доцент,
Астраханский государственный университет,
РФ, г. Астрахань*

Письменская Арина Алексеевна

*студент,
Астраханский государственный университет,
РФ, г. Астрахань*

COMPARISON OF DIFFERENT DESCRIPTIONS AND IMPLEMENTATIONS OF THE LEATH ALGORITHM FOR PERCOLATION PROBLEMS

Ivan Gordeev

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate professor in Astrakhan State University,
Russia, Astrakhan*

Arina Pismenskaya

Student

*in Astrakhan State University,
Russia, Astrakhan*

Аннотация. При моделировании перколяционных задач являются актуальными различные свойства случайных кластеров. В случаях, когда требуется моделировать свойства отдельных кластеров, более удобным оказывается алгоритм, предложенный Полом Лисом [1]. Предложенный 45 лет назад алгоритм Лиса продолжает оставаться актуальным и активно использоваться исследователями в области перколяции в самых свежих работах.

Abstract. When modeling percolation problems, various properties of random clusters are relevant. In cases where it is required to model the properties of separate clusters, the algorithm proposed by Paul Leath [1] is more convenient. The Leath algorithm proposed 45 years ago continues to be relevant and actively used by researchers in the field of percolation in the most recent works.

Ключевые слова: перколяция; перколяционный кластер; алгоритм Лиса.

Keywords: percolation; percolation cluster; the Leath algorithm.

Введение. Теория перколяции активно применяется для моделирования различных явлений в неупорядоченных средах. Одним из методов моделирования перколяционных задач является алгоритм, первоначально описанный в статье Пола Лиса из Ратгерского университета (Нью-Браунсуик, Нью-Джерси, США) [8]. В целом ряде последующих публикаций алгоритм называют алгоритмом Лиса [10, с. 53, 156; 11, с. 287; 18, с. 64; 9; 2; 6]. Похожий алгоритм был описан в статье Зеэва Александровица из института Вейцмана (Реховот, Израиль) [1], поэтому в ряде публикаций алгоритм упоминается как алгоритм Лиса-Александровица [14; 7; 12], но нередко алгоритм упоминается по фамилиям трех авторов как алгоритм Хаммерсли-Лиса-Александровица [17, с. 373; 15, с. 403; 16, с. 206, 214], поскольку идеи подобного алгоритма были сформулированы еще раньше в книге написанной Джоном Хаммерсли из Оксфордского университета (Оксфорд, Англия) совместно с его бывшим студентом Дэвидом Хэндскомбом [5], первое издание книги Хаммерсли и Хэндскомба вышло еще в 1964 году.

Хотя Лис опубликовал свою статью на 4 года раньше Александровица, в книге Харви Гулда и Яна Тобочника [17, с. 143] утверждается, что Александровиц описал алгоритм независимо. После книги Гулда и Тобочника утверждение о независимости разработки алгоритма Александровицем, было продублировано в [18, с. 64]. Однако у Гулда и Тобочника нет даже ссылки на статью Александровица. В то же время Александровиц ссылается в своей статье [1] на работу Лиса [8], поэтому говорить о независимости изложения алгоритма Александровицем вряд ли уместно. Судя по тому, что в работе Лиса [8] упоминается одна из ранних работ Хаммерсли с соавторами по перколяции узлов [3], Лис также мог быть знаком с идеями Хаммерсли.

Следует отметить, что в ряде работ алгоритм Лиса рассматривается как вариант модели кинетического роста (kinetic growth) [17, с. 139–174; 13], либо стохастического роста [16, с. 128–133, 206]. Далее сравниваются варианты описания и реализации алгоритма Лиса в публикациях [8; 1; 17; 11; 15]

Статья Лиса. Компьютерная программа использовала подпрограмму генерирующую псевдослучайные числа (называемую FLTRN в системе IBM в Ок-Риджской национальной лаборатории), чтобы случайным образом определить для каждого узла, занят он или нет. В отношении использованного языка программирования явных указаний в статье Лиса нет, однако, судя по тому, в каких системах программирования встречается подпрограмма FLTRN для реализации алгоритма Лис использовал язык программирования Fortran. Узел в начале координат (рис. 1) всегда считался занятым.

Затем программа шла наружу, по одной оболочке узлов за раз, случайным образом решая, были ли узлы свободными или занятыми, до тех пор, пока кластер узлов, соединенных через занятость ближайших соседей, не стал изолированным (т. е. до тех пор, пока вся оболочка из свободных или отключенных узлов не могла быть нарисована вокруг кластера). Каждый узел считался занятым (или нет) случайным образом с вероятностью c (или $1 - c$), которая не зависит от занятости других узлов. Затем программа считала количество узлов в кластере, количество граничных узлов (включая внутренние границы) и средне-квадратичный размер (радиус гирации) кластера. Лисом были получены данные для 101086 кластеров при $c = 0,50$ и для 24310 кластеров при $c = 0,55$. Время выполнения было от 1 до 1,5 часов в каждом из двух случаев [8].

Статья Александровица. В статье Александровица дается словесное описание алгоритма, но никаких технических указаний по поводу использовавшегося языка программирования нет. Для описания

перколяционных кластеров используются критически разветвленные самоизбегающие блуждания (critically branched self-avoiding walks). Ветвление называется критическим, если оно достаточно, чтобы сделать вероятность выживания блуждания конечной на неограниченной длине. Берется решетка с координационным числом z , узлы которой могут быть заняты или пусты с вероятностью p и $1-p$ соответственно.

Согласно описанию Александровица, стохастический процесс производит блуждания, которые начинаются с занятого узла S_0 и посещают один и только один раз узлы, связанные с S_0 связями ближайших соседей, в данном микросостоянии решетки. В момент времени $t = 1$ процесса z соседей S_0 становятся занятыми или пустыми, с (вероятностью) p и $1 - p$ соответственно. Пусть $\{S_1\}$ обозначает множество занятых узлов («концов ветвей») при конкретном выполнении процесса. В момент времени $t = 2$ все соседние с $\{S_1\}$ узлы, которые не посещались ранее (т. е. за исключением S_0), в свою очередь, становятся занятыми или пустыми, что дает множество $\{S_2\}$ вершин ветвления для $t = 2$, и т.д., и т.п.

На каждом шаге конец ветви полностью окружается оболочкой узлов, назначаемых как занятые или пустые. По этой причине растущий конец избегает первых соседей по отношению ко всем узлам, занятым на предыдущих этапах процесса. Замкнутые петли могут образовываться, но только за счет встречи концов ветвей [1].

Книга Гулда и Тобочника. Харви Гулд и Ян Тобочник отмечают, что алгоритм, предложенный Хаммерсли, Лисом и Александровицем, является наиболее эффективным способом генерирования обособленных перколяционных кластеров. [17] К сожалению, в русском переводе книги Гулда и Тобочника [17] есть неточности, поэтому дальнейшее описание алгоритма Гулда и Тобочника дается по [17] с уточнением по доступному черновику более позднего английского издания [4]. Гулд и Тобочник пишут, что алгоритм «роста» состоит из следующих шагов:

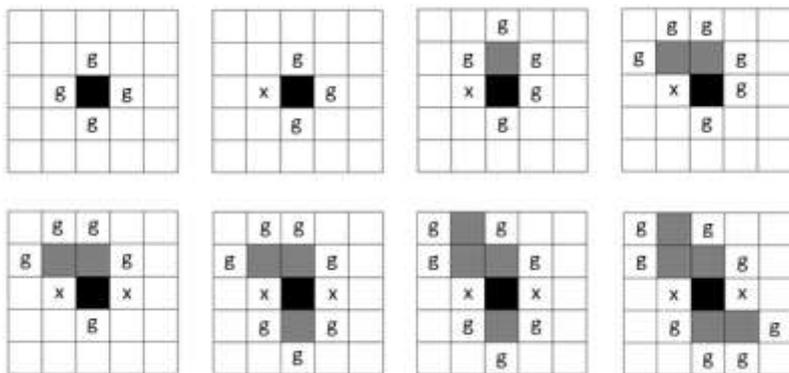
1. Занимается одна затравочная ячейка решетки. Четыре ближайших соседа (для квадратной решетки) образуют *периметр* затравочной ячейки.

2. Выбирается случайным образом ячейка периметра и генерируется случайное число r . Если $r \leq p$, то ячейка занимается, в противном случае она остается свободной. Чтобы ячейки были свободными с вероятностью $1 - p$, данная ячейка больше не проверяется.

3. Если ячейка занята, то определяется, нет ли новых ячеек периметра, т.е. непроверенных соседних ячеек.

4. Шаги 2 и 3 продолжаются до тех пор, пока не получится («не вырастет») кластер требуемого размера, или пока не останется непроверенных ячеек.

На рисунке приводится иллюстрация алгоритма по книге Гулда и Тобочника [17, с. 144]. Следует отметить, что Гулд и Тобочник используют немного специфическую терминологию и называют узлами периметра узлы роста, то есть непроверенные узлы, куда может вырасти кластер. Более корректно было бы называть данные узлы узлами роста периметра.



**Рисунок 1. Пример «роста» перколяционного кластера.
Затравочная ячейка – черный цвет, периметр – g,
проверенные пустые ячейки – x.**

С технической точки зрения Гулд и Тобочник приводят примеры реализации алгоритма Лиса на двух языках программирования: языке True Basic и языке Pascal.

Статья Шгауфера и Джана. Реализация программы близка к описанию Александровица. Используется список заполненных на очередном временном шаге t узлов (ячеек), на основе которого строится следующий слой заполненных узлов [11]. В статье приводится код реализации алгоритма на языке Fortran.

В отличие от реализации Гулда и Тобочника для роста кластера используется не случайно выбранная ячейка периметра, а проходятся все ячейки периметра, заполненные на предыдущем временном шаге. Особенность программы: используются спиральные граничные условия. При спиральных граничных условиях последний узел в строке считается соседним с первым узлом следующей строки.

Книга Алексева. В книге Алексева приводится реализация алгоритма Лиса на языке программирования Microsoft Visual Basic. В этом алгоритме рост кластера начинается с затравочной ячейки, располагающейся в центре решетки. Расположенные рядом ячейки — ближайшие соседи — образуют начальный периметр затравочной ячейки. Правило, по которому определяется понятие ближайших соседей, определяет геометрию решетки [15]. Программа близка к описанию Александровица. Особенностью программы является добавление анизотропии роста (по разным направлениям могут использоваться разные значения вероятности заполнения).

Заключение. В данной работе был проделан исторический экскурс в историю алгоритма Лиса и обсуждались разные варианты названия алгоритма. На наш взгляд предпочтительным является либо краткое название алгоритма как алгоритма Лиса, либо название по фамилиям трех авторов как алгоритма Хаммерсли-Лиса-Александровица. Также было проведено сравнение нескольких описаний и реализаций алгоритма Лиса и отмечены их различия.

Список литературы:

1. Alexandrowicz Z. Critically branched chains and percolation clusters // *Physics Letters A*. 1980. Vol. 80. P.284–286.
2. Biroli G., Charbonneau P., Hu Y. Dynamics around the site percolation threshold on high-dimensional hypercubic lattices // *Physical Review E*. 2019. Vol. 99. 022118. 12 p.
3. Frisch H. L., Sonnenblick E., Vyssotsky V. A., Hammersley J. M. Critical percolation probabilities (site problem) // *Physical Review*. 1961. Vol. 124. P. 1021–1022.
4. Gould H., Tobochnik J., Christian W. *An Introduction to Computer Simulation Methods Applications to Physical System*. 2016. URL: <https://www.compadre.org/osp/document/ServeFile.cfm?ID=7375&DocID=527&Attachment=1> (дата обращения: 25.01.2022).
5. Hammersley J.M., Handscomb D.C. *Monte Carlo Methods*. London: Methuen & Co Ltd. 1975.
6. Hu Y., Charbonneau P. Percolation thresholds on high-dimentional D_n and E_8 -related lattices // *Physical Review E*. 2021. Vol. 103. 062115. 8 p.
7. Kriuchevskiy I. A. et al. Jamming and percolation of parallel squares in single-cluster growth model // *Condensed Matter Physics*. 2014. Vol. 17. No 3. 33006. 11 p.
8. Leath P.L. Cluster size and boundary distribution near percolation threshold // *Physical Review B*. 1976. Vol. 14. P. 5046–5055.

9. Mertens S. Moore C. Percolation thresholds and Fisher exponents in hypercubic lattice // *Physical Review E*. 2018. Vol. 98. 022120. 6 p.
10. Stauffer D., Aharony A. *Introduction to Percolation Theory / 2nd Revised Edition*. – London: Taylor & Francis, 1994.
11. Stauffer D., Jan N. *Percolation simulation: large lattices, varying dimensions // Annual Reviews of Computational Physics VIII*. –Singapore; New Jersey; London; Hong Kong: World Scientific, 2001. P. 287–300.
12. Szczygiel B. et al. Percolation thresholds for discrete-continuous models with nonuniform probabilities of bond formation // *Physical Review E*.
13. Yamamoto K. et al. Kinetic Growth Aggregation (Leath Algorithm) Approach for Continuum Percolation Model // *AIP Conference Proceedings*. 2009. Vol. 1168. P. 509–512.
14. Zhou Z., et al. Shortest-path fractal dimension for percolation in two and three dimensions // *Physical Review E*. 2012. Vol. 86. 061101. 5 p.
15. Алексеев Д.В. Компьютерное моделирование физических задач в Microsoft Visual Basic – М: СОЛОН-Пресс, 2009.
16. Булавин Л.А., Выгорницкий Н.В., Лебовка Н.И. Компьютерное моделирование физических систем: Учебное пособие / Л.А. Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н.И. Лебовка – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 352 с.
17. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: в 2-х частях. Ч. 2. М.: Мир, 1990. 390 с.
18. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: Учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002. – 112 с.

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LIII международной
научно-практической конференции*

№ 3 (53)
Май 2022 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 12.05.22. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3,5. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru